

Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung

Daftar Isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan.....	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Kriteria Perancangan	2
5 Cara perancangan pencahayaan alami siang hari.	18
6 Pengujian dan pemeliharaan.....	22
Apendiks	25
Bibliografi.....	30

Prakata

Standar Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami pada Bangunan Gedung ini dimaksudkan sebagai pedoman bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pengelolaan bangunan gedung, sehingga pencahayaan dan kenyamanan di dalam bangunan gedung dapat dilakukan seefektif mungkin.

Tata cara Perencanaan Sistem Pencahayaan Alami pada bangunan gedung bertujuan melengkapi peraturan-peraturan kenyamanan dan konservasi energi yang telah ada dan merupakan persyaratan minimum bagi bangunan gedung.

Pembahasan Tata Cara Perencanaan Sistem Pencahayaan Alami pada bangunan gedung meliputi : kriteria perancangan, cara perancangan pencahayaan alami siang hari, pengujian dan pemeliharaan.

Pendahuluan

Dalam rangka lebih meningkatkan usaha konservasi energi dan kenyamanan pada bangunan gedung. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah mewakili pemerintah, asosiasi profesi, konsultan, kontraktor, supplier, pengelola bangunan gedung dan perguruan tinggi, menyusun standar "tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung" yang selanjutnya dibakukan oleh Badan Standardisasi Nasional menjadi : SNI 03-0000-2001.

Diharapkan standar ini dapat dimanfaatkan oleh para perencana, pelaksana, pengawas, dan pengelola bangunan gedung dalam menerapkan konsep-konsep tata cara perancangan sistem Pencahayaan alami bangunan gedung, sehingga sasaran konservasi energi dan kenyamanan dalam bangunan gedung dapat tercapai.

Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung

1 Ruang lingkup.

- 1.1 Standar tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung ini dimaksudkan sebagai pedoman bagi para perancang dan pelaksana pembangunan gedung di dalam merancang sistem pencahayaan alami siang hari dan bertujuan agar diperoleh sistem pencahayaan alami siang hari yang sesuai dengan syarat kesehatan, kenyamanan dan sesuai dengan ketentuan-ketentuan lain yang berlaku.
- 1.2 Standar ini mencakup persyaratan minimal sistem, pencahayaan alami siang hari dalam bangunan gedung.

2 Acuan.

- a) SNI. No. 03-2396-1991 : Tata cara perancangan Penerangan alami siang hari untuk rumah dan gedung.
- b) Natuurkundige Grondslagen Voor Bouwvoorschriften, 1951, Deel 11 , "Dagverlichting Van Woningen, (N BG 11195 1).
- c) Hopkinson (et.al), 1966, Daylighting, London.
- d) Adhiwiyogo. M.U, 1969 , *Selectidn* of the Desfgn Sky for Indonesia based on the Illumination Climate of Bandung. Symposium of Enviromental Physics as Applied to Building in the Tropics.

3 Istilah dan definisi.

3.1

terang langit

sumber cahaya yang diambil sebagai dasar untuk penentuan syarat-syarat pencahayaan alami siang had.

3.2

langit perancangan

langit dalam keadaan yang ditetapkan dan dijadikan dasar untuk perhitungan.

3.3

faktor langit (fl)

angka karakteristik yang digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari diberbagai tempat dalam suatu ruangan.

3.4

titik ukur

titik di dalam ruangan yang keadaan pencahayaannya dipilih sebagai indikator untuk keadaan pencahayaan seluruh ruangan.

3.5

bidang lubang cahaya efektif.

bidang vertikal sebelah dalam dari lubang cahaya,

3.6

lubang cahaya efektif untuk suatu titik ukur

bagian dad bidang lubang cahaya efektif lewat mana titik ukur itu melihat langit.

4 Kriteria Perancangan

4.1 Ketentuan Dasar

4.1.1 Pencahayaan Alami Siang Hari yang Baik

Pencahayaan alami siang hari dapat dikatakan baik apabila

- a) pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan.
- b) distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu

4.1.2 Tingkat Pencahayaan Alami dalam Ruang

Tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan ditentukan oleh tingkat pencahayaan langit pada bidang datar di lapangan terbuka pada waktu yang sama.

Perbandingan tingkat pencahayaan alami di dalam ruangan dan pencahayaan alami pada bidang datar di lapangan terbuka ditentukan oleh :

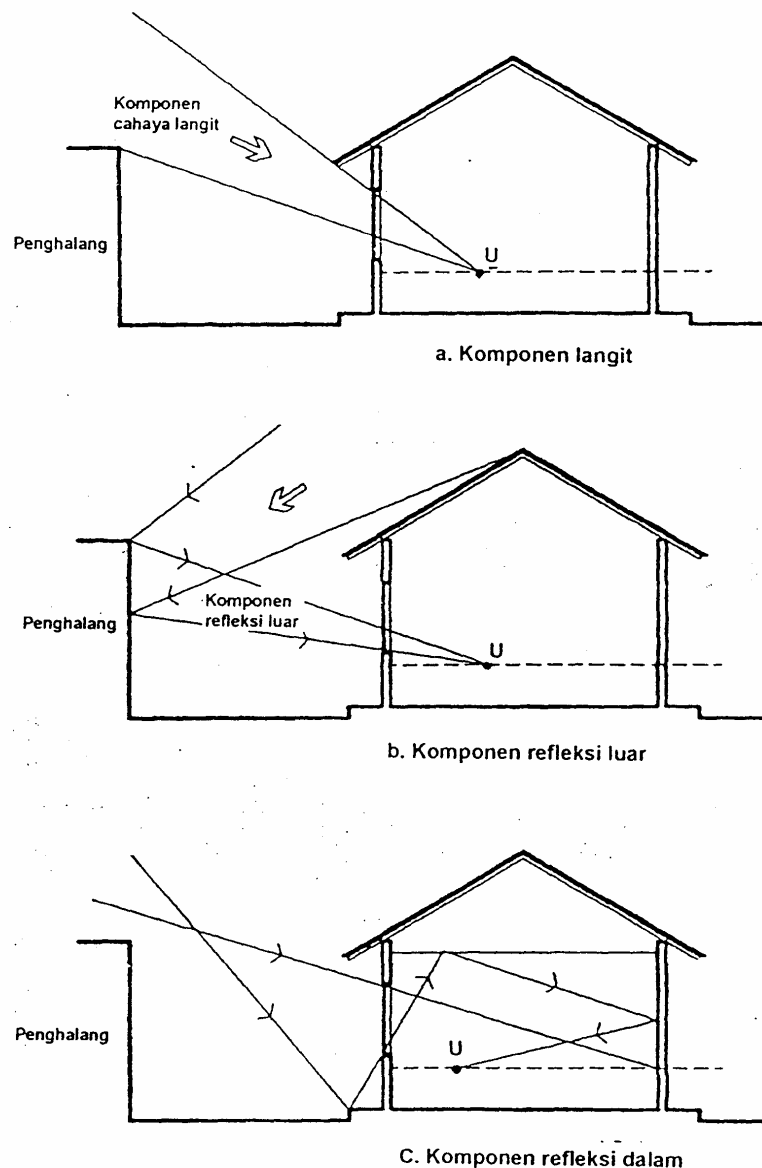
- a) hubungan geometris antara titik ukur dan lubang cahaya.

- b) ukuran dan posisi lubang cahaya.
- c) distribusi terang langit.
- d) bagian langit yang dapat dilihat dari titik ukur.

4.1.3 Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari

Faktor pencahayaan alami siang hari adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut :

- a. Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi :
 - 1) Komponen langit (faktor langit-fl) yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit.



Gambar 1 : Tiga Komponen cahaya langit yang sampai pada suatu titik di bidang kerja.

- 2) Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar - f_{rl}) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.
- 3) Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam f_{rd}) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit (lihat gambar 1).

- b) Persamaan-persamaan untuk menentukan faktor pencahayaan alami

Faktor pencahayaan alami siang hari ditentukan oleh persamaan-persamaan berikut ini

$$1) \quad f_l = \frac{1}{2\pi} \left\{ \arctan \frac{L}{D} - \frac{1}{\sqrt{1 + (H/D)^2}} \arctan \frac{L/D}{\sqrt{1 + (H/D)^2}} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

keterangan :

L = lebar lubang cahaya efektif.

H = tinggi lubang cahaya efektif.

D = jarak titik ukur ke lubang cahaya

$$2) \quad f_{rl} = (f_l)_p \times L_{rata-rata} \dots\dots\dots (2).$$

$$3) \quad f_{rd} = \frac{T_{kaca}}{A \cdot (1 - R)} \times (C \cdot R_{fw} + 5 \cdot R_{cw}) \dots\dots\dots (3).$$

Keterangan :

(f_l)_p = faktor langit jika tidak ada penghalang.

L_{rata-rata} = perbandingan antara luminansi penghalang dengan luminansi rata-rata langit.

T_{kaca} = faktor transmisi cahaya dad kaca penutup lubang cahaya, besarnya tergantung pada jenis kaca yang nilainya dapat diperoleh dad katalog yang dikeluarkan oleh produsen kaca tersebut.

A = luas seluruh permukaan dalam ruangan

R = faktor refleksi rata-rata seluruh permukaan

W = luas lubang cahaya.

R_{cw} = faktor refleksi rata-rata dari langit-langit dan dinding bagian atas dimulai dari bidang yang melalui tengah-tengah lubang cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak.

C = konstanta yang besarnya tergantung dad sudut penghalang.

R_{fw} = faktor refleksi rata-rata lantai dan dinding bagian bawah dimulai dad bidang yang melalui tengah-tengah lubang cahaya, tidak termasuk dinding dimana lubang cahaya terletak.

4.1.4 Langit Perancangan

- a) Dalam ketentuan ini sebagai terang langit diambil kekuatan terangnya langit yang dinyatakan dalam lux.
- b) Karena keadaan langit menunjukkan variabilitas yang besar, maka syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh keadaan langit untuk dipilih dan ditetapkan sebagai Langit Perancangan adalah :
 - 1) bahwa langit yang demikian sering dijumpai.
 - 2) memberikan tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka, dengan nilai dekat minimum, sedemikian rendahnya hingga frekuensi kegagalan untuk mencapai nilai tingkat pencahayaan ini cukup rendah.
 - 3) nilai tingkat pencahayaan tersebut dalam butir 2) pasal ini tidak boleh terlampaui rendah sehingga persyaratan tekno konstruktif menjadi terlampaui tinggi.
- c) Sebagai Langit Perancangan ditetapkan :
 - 1) langit biru tanpa awan atau
 - 2) langit yang seluruhnya tertutup awan abu-abu putih.
- d) Langit Perancangan ini memberikan tingkat pencahayaan pada titik-titik di bidang datar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux. Untuk perhitungan diambil ketentuan bahwa tingkat pencahayaan ini asalnya dari langit yang keadaannya dimana-mana merata terangnya (*uniform luminance distribution*).

4.1.5 Faktor Langit

Faktor langit (f_l) suatu titik pada suatu bidang di dalam suatu ruangan adalah angka perbandingan tingkat pencahayaan langsung dari langit di titik tersebut dengan tingkat pencahayaan oleh Terang Langit pada bidang datar di lapangan terbuka.

Pengukuran kedua tingkat pencahayaan tersebut dilakukan dalam keadaan sebagai-berikut:

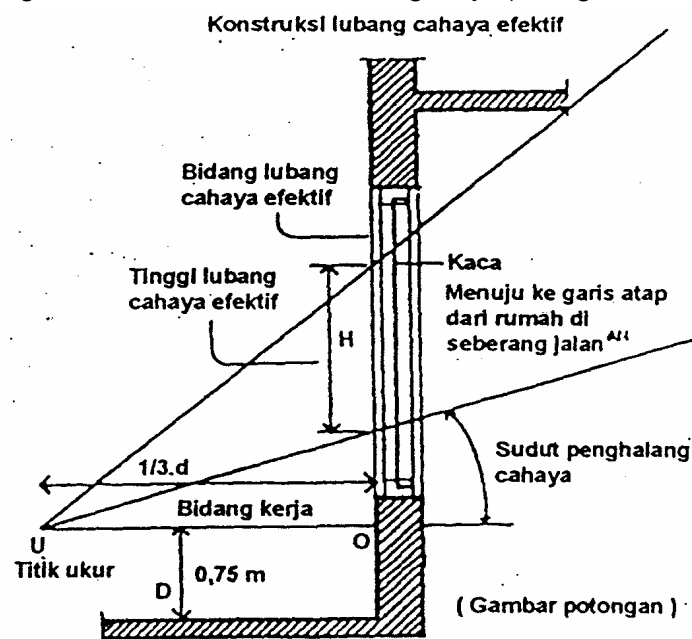
- a) Dilakukan pada saat yang sama.
- b) Keadaan langit adalah keadaan Langit Perancangan dengan distribusi terang yang merata di mana-mana.
- c) Semua jendela atau lubang cahaya diperhitungkan seolah-olah tidak ditutup dengan kaca.

Suatu titik pada suatu bidang tidak hanya menerima cahaya langsung dari langit tetapi juga cahaya langit yang direfleksikan oleh permukaan di luar dan di dalam ruangan.

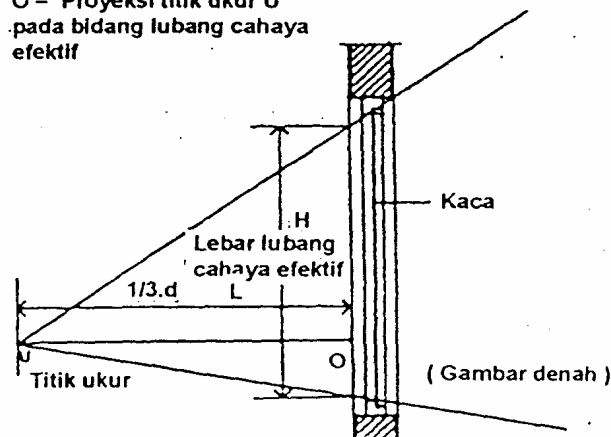
Perbandingan antara tingkat pencahayaan yang berasal dari cahaya langit baik yang langsung maupun karena refleksi, terhadap tingkat pencahayaan pada bidang datar di lapangan terbuka disebut faktor pencahayaan alami siang hari. Dengan demikian faktor langit adalah selalu lebih kecil dari faktor pencahayaan alami siang hari. Pemilihan faktor langit sebagai angka karakteristik untuk digunakan sebagai ukuran keadaan pencahayaan alami siang hari adalah untuk memudahkan perhitungan oleh karena f_l merupakan komponen yang terbesar pada titik ukur.

4.1.6 Titik Ukur

- a) Titik ukur diambil pada suatu bidang datar yang letaknya pada tinggi 0,75 meter di atas lantai. Bidang datar tersebut disebut bidang kerja (lihat gambar 2).



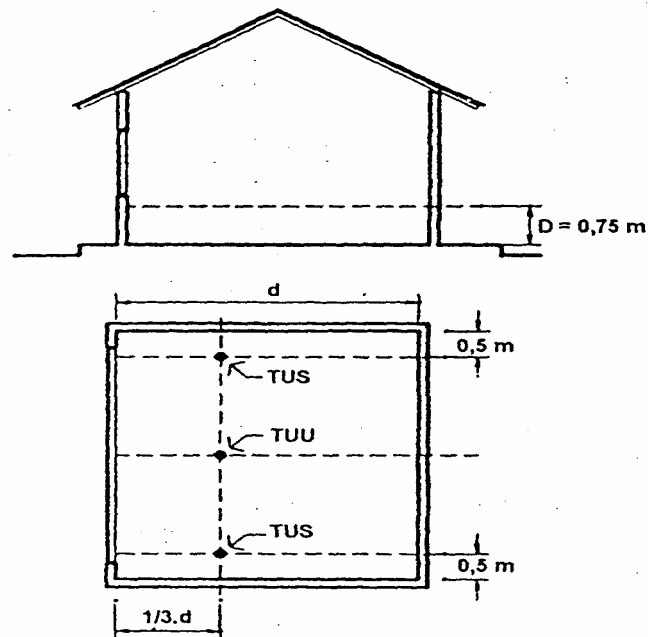
O = Proyeksi titik ukur U pada bidang lubang cahaya efektif



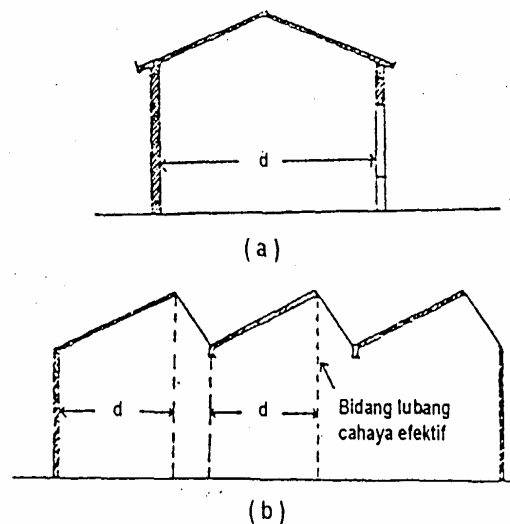
Gambar 2 : Tinggi dan Lebar cahaya efektif

- b) Untuk menjamin tercapainya suatu keadaan pencahayaan yang cukup memuaskan maka Faktor Langit (fl) titik ukur tersebut harus memenuhi suatu nilai minimum tertentu yang ditetapkan menurut fungsi dan ukuran ruangnya.
- c) Dalam perhitungan digunakan dua jenis titik ukur:
 - 1) titik ukur utama (TUU), diambil pada tengah-tengah antar kedua dinding samping, yang berado pada jarak $\frac{1}{3} d$ dari bidang lubang cahaya efektif,

- 2) titik ukur samping (TUS), diambil pada jarak 0,50 meter dari dinding samping yang juga berada pada jarak $\frac{1}{3} d$ dari bidang lubang cahaya efektif, dengan d adalah ukuran kedalaman ruangan, diukur dari mulai bidang lubang cahaya efektif hingga pada dinding seberangnya, atau hingga pada "bidang" batas dalam ruangan yang hendak dihitung pencahayaannya itu (lihat gambar 3a dan 3b).



Gambar 3a.: Penjelasan mengenai jarak d



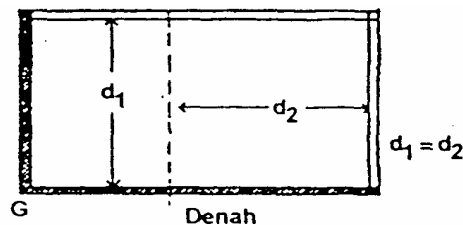
Gambar 3b.: Penjelasan mengenai jarak d

SNI 03-2396-2001

- d) Jarak " d " pada dinding tidak sejajar
Apabila kedua dinding yang berhadapan tidak sejajar, maka untuk d diambil jarak di tengah antara kedua dinding samping tadi, atau diambil jarak rata-ratanya.
- e) Ketentuan jarak " $\frac{1}{3} \cdot d$ " minimum
Untuk ruang dengan ukuran d sama dengan atau kurang dari pada 6 meter, maka ketentuan jarak $\frac{1}{3} \cdot d$ diganti dengan jarak minimum 2 meter.

4.1.7 Lubang Cahaya Efektif

Bila suatu ruangan mendapatkan pencahayaan dari langit melalui lubang-lubang cahaya di beberapa dinding, maka masing-masing dinding ini mempunyai bidang lubang cahaya efektifnya sendiri-sendiri lihat gambar 4).



Gambar 4. Penjelasan mengenai jarak d

Umumnya lubang cahaya efektif dapat berbentuk dan berukuran lain daripada lubang cahaya itu sendiri.

Hal ini, antara lain dapat disebabkan oleh

- a) penghalangan cahaya oleh bangunan lain dan atau oleh pohon.
- b) Bagian-bagian dari bangunan itu sendiri yang karena menonjol menyempitkan pandangan ke luar, seperti balkon, konstruksi "sunbreakers" dan sebagainya.
- c) Pembatasan-pembatasan oleh letak bidang kerja terhadap bidang lubang cahaya .
- d) Bagian dari jendela yang dibuat dari bahan yang tidak tembus cahaya.

4.2 Persyaratan teknis

4.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Kualitas Pencahayaan

- a) Kualitas pencahayaan yang harus dan layak disediakan, ditentukan oleh :
 - 1) penggunaan ruangan, khususnya ditinjau dari segi beratnya penglihatan oleh mata terhadap aktivitas yang harus dilakukan dalam ruangan itu.

- 2) lamanya waktu aktivitas yang memerlukan daya penglihatan yang tinggi dan sifat aktivitasnya, sifat aktivitas dapat secara terus menerus memedukan perhatian dan penglihatan yang tepat, atau dapat pula secara periodik dimana mata dapat beristirahat.

b) Klasifikasi kualitas pencahayaan.

Klasifikasi kualitas pencahayaan adalah sebagai berikut

- 1) Kualitas A : keda halus sekali, pekedaan secara cermat terus menerus, seperti menggambar detil, menggravir, menjahit kain warna gelap, dan sebagainya.
- 2) Kualitas B : keda halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen-komponen kecil, dan sebagainya.
- 3) Kualitas C : keda sedang, pekedaan tanpa konsentrasi yang besar dari si pelaku, seperti pekedaan kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dan sebagainya.
- 4) Kualitas D : kerja kasar, pekedaan dimana hanya detil-detil yang besar harus dikenal, seperti pada guclang, lorong falu lintas orang, dan sebagainya.

4.2.2 Persyaratan Faktor Langit Dalam Ruangan

- a) Nilai faktor langit (f_l) dah suatu titilk ukur dalarn ruangan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - 1) sekurang-kurangnya memenuhi nilai-nilai faktor langit minimum ($f_{l_{min}}$) yang tertera pada Tabel 1, 2 dan 3, dan dipilih menurut klasifikasi kualitas pencahayaan yang dikehendaki dan dirancang untulk bangunan tersebut.
 - 2) nilai $f_{l_{min}}$ dalam prosen untuk ruangan-ruangan dalam BANGUNAN UMUM untuk TUUnya, adalah seperti tertera pada tabel 1; dimana d adalah jarak antara bidang lubang cahaya efektif ke dinding di seberangnya, dinyatakan dalam meter. Faktor langit minimum untuk TUS nilainya diambil 40% dari $f_{l_{min}}$ untuk TUU dan tidak boleh kurang dari 0,10 d .

Tabel 1 : Nilai Faktor langit untuk bangunan umum

Klasifikasi pencahayaan	$f_{l_{min}}$ TUU
A	0,45.d
B	0,35.d
c	0,25.d
D	0,15.d

Tabel 2 : Nilai Faktor I unit untuk bangunan sekolah

JENIS RUANGAN	fl_{\min} TUU	fl_{\min} TUS
Ruang kelas biasa	0,35.d	0,20.d
Ruang kelas khusus	0,45.d	0,20.d
Laboratorium	0,35 d	0,20.d
Bengkel kayu/besi	0,25.d	0,20.d
Ruang olahraga	0,25.d	0,20.d
Kantor	0,35.d	0,15.d
Dapur	0,20.d	0,20.d

- 3) nilai dari fl_{\min} dalam prosen untuk ruangan-ruangan dalam bangunan sekolah adalah seperti pada tabel 2; Untuk ruangan-ruangan kelas biasa, kelas khusus dan laboratorium dimana dipergunakan papan tulis sebagai alat penjelasan, maka fl_{\min} pada tempat $\frac{1}{3}$ d di papan tulis pada tinggi 1,20 m , ditetapkan sama dengan $fl_{\min} = 50\%$ TUU.
- 4) nilai dari fl_{\min} dalam prosentase untuk ruangan-ruangan dalam bangunan tempat tinggal seperti pada tabel 3;

Tabel 3: Nilai Faktor la git Bangunan Tempat Tinggal

Jenis ruangan	fl_{\min} TUU	$f_{1\min}$ TUS
Ruang tinggal	0,35.d	0,16.d
Ruang keda	0,35.d	0,16 d
Kamar tidur	0, 18.d	0,05.d
Dapur	0,20.d	0,20.d

- 5) untuk ruangan-ruangan lain yang tidak khusus disebut dalam tabel ini dapat diperlakukan ketentuan-ketentuan dalam tabel 1.
- b) Ruang dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di satu dinding nilai fl ditentukan sebagai berikut :
- 1) dari setiap ruangan yang menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di satu dinding saja, harus diteliti fl dari satu TUU dan dua TUS.
 - 2) Jarak antara dua titik ukur tidak boleh lebih besar dari 3 m. Misalnya untuk suatu ruangan yang panjangnya lebih dari 7 m, harus diperiksa (fl) lebih dari tiga titik ukur (jumlah TUU ditambah).

- c) Ruang dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di dua dinding yang berhadapan.

Nilai faktor langit (fl) untuk ruangan semacam ini harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- 1) bila suatu ruangan menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di dua dinding yang berhadapan (sejajar), maka setiap bidang lubang cahaya efektif mempunyai kelompok titik ukurnya sendiri.
- 2) untuk kelompok titik ukur yang pertama, yaitu dari bidang lubang cahaya efektif yang paling penting, berlaku ketentuan-ketentuan dari tabel 1, 2 dan 3.
- 3) untuk kelompok titik ukur yang kedua ditetapkan syarat minimum sebesar 30% dari yang tercantum pada ketentuan-ketentuan dari tabel 1, 2 dan 3.
- 4) dalam hal ini (fl) untuk setiap titik ukur adalah jumlah faktor langit yang diperolehnya dari lubang-lubang cahaya di kedua dinding.
- 5) ketentuan untuk kelompok titik ukur yang kedua ini seperti yang termaksud dalam ayat 3, tidak berlaku apabila jarak antara kedua bidang lubang cahaya efektif kurang dari 6 meter.
- 6) bila jarak tersebut dalam butir 5) adalah lebih dari 4 meter dan kurang dari 9 meter dianggap telah dipenuhi apabila luas total lubang cahaya efektif kedua ini sekurang-kurangnya 40% dari luas lubang cahaya efektif pertama. Dalam hal yang belakangan ini, luas lubang cahaya efektif kedua adalah bagian dari bidang lubang cahaya yang letaknya di antara tinggi 1 meter dan tinggi 3 meter.

- d) Ruang dengan pencahayaan langsung dari lubang cahaya di dua dinding yang saling memotong

Untuk kondisi ruangan seperti ini faktor langit ditentukan dengan memperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

- 1) bila suatu ruangan menerima pencahayaan langsung dari langit melalui lubang-lubang atau jendela-jendela di dua dinding yang saling memotong kurang lebih tegak lurus, maka untuk titik ukur kedua, yang tidak begitu penting, hanya diperhitungkan satu Titik Ukur Utama tambahan saja.
- 2) syarat untuk titik ukur yang dimaksud dalam butir 1) pasal ini adalah 50% dari yang berlaku untuk titik ukur utama bidang lubang cahaya efektif yang pertama.
- 3) jarak titik ukur utama tambahan ini sampai pada bidang lubang cahaya efektif kedua diambil Y, d, dimana d adalah ukuran dalam menurut bidang lubang cahaya efektif pertama (lihat gambar 3)

- e) Ruang dengan lebih dari satu jenis penggunaan.

SNI 03-2396-2001

Apabila suatu ruangan digunakan sekaligus untuk dua jenis keperluan, maka untuk ruangan ini diberlakukan syarat-syarat yang terberat dari kedua jenis keperluan tersebut.

f) Penerimaan cahaya pada koridor atau gang dalam bangunan rumah tinggal.

Setiap koridor atau gang dalam bangunan rumah tinggal harus dapat menerima cahaya melalui luas kaca sekurang-kurangnya $0,10 \text{ m}^2$ dengan ketentuan, bahwa untuk :

- 1) luas kaca dinding luar atau atap diperhitungkan 100 %;
- 2) luas kaca dinding dalam, yang clapat merupakan batas dengan kamar tidur, kamar tinggal, kamar keda clan sebagainya, diperhitungkan 30 %;
- 3) luas kaca ruangan lainnya, seperti gudang, kamar mandi, clan sebagainya, diperhitungkan 0 %

g) Penerimaan cahaya siang hari pada koridor atau gang/lorong dalam bangunan.

Setiap gang atau lorong dalam bangunan umum harus sekurang-kurangnya dapat menerima cahaya siang hari melalui luas kaca minimal $0,30 \text{ M}^2$.

Untuk setiap 5 meter panjang gang atau lorong, dengan ketentuan, bahwa untuk:

- 1) luas kaca dincling luar atau atap, diperhitungkan 100 %;
- 2) luas kaca dinding dalam yang merupakan batas dengan ruangan dengan kualitas pencahayaan A dan B, diperhitungkan 20 %;
- 3) luas kaca untuk perbatasan dengan ruangan dengan pencahayaan kualitas C. diperhitungkan 10 %;
- 4) luas kaca ruangan lainnya, diperhitungkan 0%

h) Penerimaan cahaya siang had pacla ruang tangga umum.

Ruang tangga, umum harus clapat menerima cahaya siang had melalui luas kaca sekurang-kurangnya $0,75 \text{ m}^2$.(Lihat gambar 5).

Untuk setiap setengah tinggi lantai dengan ketentuan

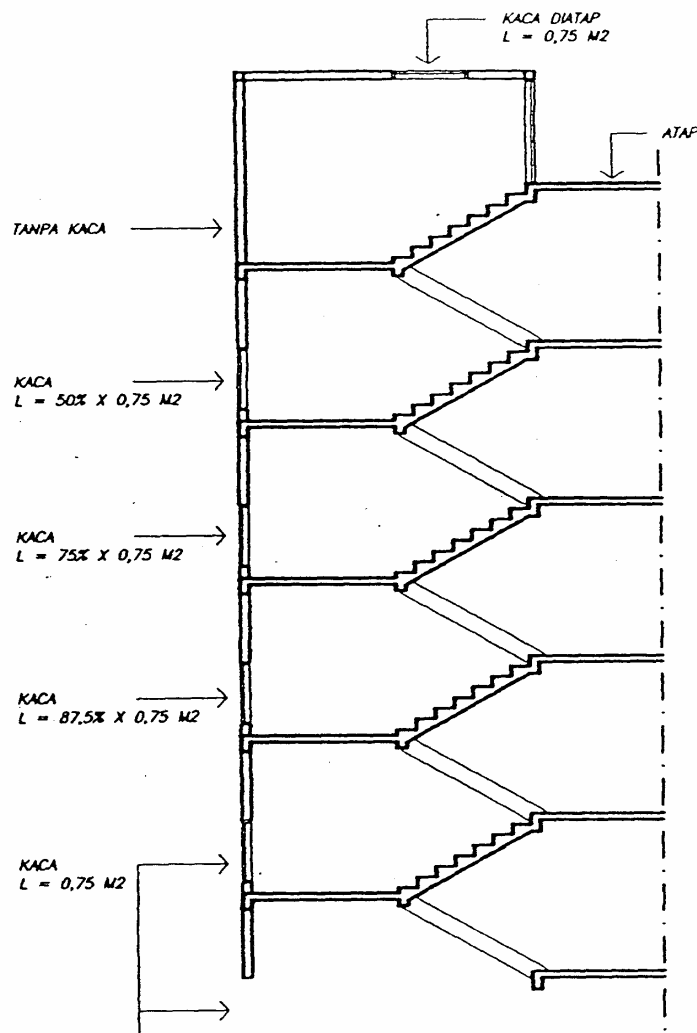
- 1) lubang cahaya dinding luar, diperhitungkan 100 %:
- 2) apabila terdapat kaca di atap maka cahaya di :
 - tingkat yang paling atas 100%
 - tingkat pertama di bawahnya 50%
 - tingkat kedua di bawahnya 25%
 - tingkat ketiga di bawahnya 12,5%
 - tingkat di bawah selanjutnya 0%

i). Sudut penghalang cahaya.

Sudut penghalang cahaya hendaknya tidak melebihi 600 ditinjau dari sudut tata letak bangunan-bangunan sesuai dengan perencanaan tata ruang kota, bila hal tersebut tidak dapat dipenuhi, maka pencahayaan tambahan yang diperlukan diperoleh dari pencahayaan buatan.

j). Faktor langit dalam ruangan yang menerima pencahayaan tidak langsung.

Untuk lubang cahaya efektif dari suatu ruangan yang menerima cahaya siang hari tidak langsung dari langit akan tetapi melalui kaca atau lubang cahaya dari ruangan lain, misalnya lewat teras yang beratap, maka f_l dari titik ukur dalam ruangan ini dihitung melalui ketentuan-ketentuan dalam persyaratan teknis ini, hanya boleh diambil maksimal 10 % dari faktor langit dalam keadaan dimana titik ukur langsung menghadap langit.



Gambar 5: Potongan ruang tangga.

4.2.3 Penetapan Faktor Langit

a). Dasar penetapan nilai faktor langit.

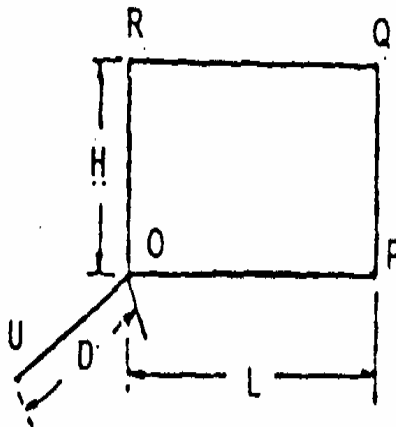
Penetapan Nilai Faktor Langit, didasarkan atas keadaan langit yang terangnya merata atau kireda Langit Perancangan untuk Indonesia yang memberikan kekuatan pencahayaan pada titik di bidang atar di lapangan terbuka sebesar 10.000 lux.

b). Perhitungan faktor langit.

Perhitungan besarnya faktor langit untuk titik ukur pada bidang kerja di dalam ruangan dilakukan dengan menggunakan metoda analitis di mana nilai fl dinyatakan sebagai fungsi dari H/D dan UD seperti tercantum dalam tabel 4 dengan penjelasan

Tabel 4: Faktor langit sebagai fungsi H/D dan L/D

Posisi titik ukur U, yang jauhnya D dari lubang cahaya efektif berbentuk persegi panjang OPQR (tinggi H dan lebar L) sebagaimana dilukiskan di bawah ini :



Ukuran H dihitung dari O ke atas,

Ukuran L dihitung dari O ke kanan, atau dari P ke kiri sama saja.

H adalah tinggi lubang cahaya efektif

L adalah lebar lubang cahaya efektif

D adalah jarak titik ukur ke bidang lubang cahaya efektif.

Nilai Faktor Langit dinyatakan dalam

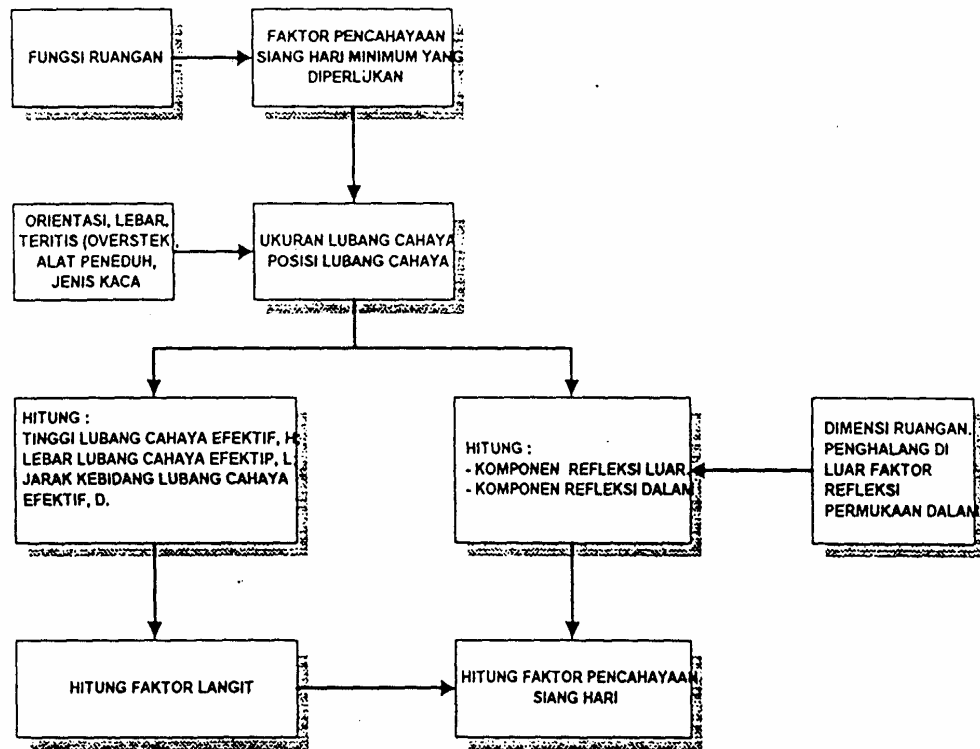
L/D H/D	0.1	0,2	0,3	0.4	0,5	0.6	0,7	0,8	0,9	11.0
0,1	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10
0,2	0,06	0,12	0,17	0,22	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,40
0,3	0,13	0,26	0,37	0,48	0,57	0,65	0,72	0,77	0,82	0,86
0,4	0,22	0,43	0,62	0,80	0,96	1,09	1,20	1,30	1,38	1,44
0,5	0,32	0,62	0,91	1,17	1,39	1,59	1,76	1,90	2,02	2,11
0,6	0,42	0,82	1,20	1,55	1,85	2,12	2,34	2,53	2,69	2,83
0,7	0,52	1,02	1,50	1,93	2,31	2,64	2,93	3,18	3,38	3,55
0,8	0,62	1,122	1,78	2,29	2,75	3,26	3,50	3,80	4,05	4,26
0,9	0,71	1,40	2,04	2,64	3,17	3,63	4,04	4,39	4,69	4,94
1,0	0,79	1,56	2,29	2,95	3,56	4,09	4,55	4,95	5,29	5,57
1,5	1,10	2,17	4,13	4,13	4,99	5,77	6,45	7,05	7,58	8,03
2,0	1,27	2,51	4,80	4,80	5,81	6,74	7,56	8,29	8,94	9,51
2,5	1,37.	2,70	3,98	3,98	6,29	7,31	8,22	9,03	9,76	10,40
3,0	1,43	2,82	4,16	4,16	6,59	7,66	8,62	9,49	10,27	10,96
3,5	1,47	2,90	4,28	4,28	6,78	7,89	8,89	9,79	10,60	11,33
4,0	1,49	2,96	4,36	4,36	6,91	8,04	9,07	10,00	10,83	11,58
4,5	1,51	2,99	4,41	4,41	7,01	8,15	9,20	10,15	11,00	11,76
5,0	1,53	3,02	4,46	4,46	7,07	8,24	9,29	10,25	12,12	11,90
6,0	1154	3,06	4,51	4,51	7,17	8,34	9,42	10,40	11,28	11,07

L/D H/D	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5.0	6.0
0,1	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
0,2	0,45	0,45	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49
0,3	0,97	0,97	1,01	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05
0,4	1,63	1,63	1,71	1,74	1,76	1,77	1,78	1,78	1,78	1,78
0,5	2,40	2,40	2,52	2,57	2,60	2,61	2,63	2,63	2,63	2,63
0,6	3,22	3,22	3,39	3,46	3,50	3,52	3,54	3,54	3,54	3,55
0,7	4,07	4,07	4,129	4,39	4,4	4,47	4,48	4,50	4,50	4,51
0,8	4,90	4,90	5,118	5,31	5,37	5,41	5,43	5,45	5,45	5,146
0,9	5,71	5,71	6,04	6,04	6,20	6,28	6,33	6,36	6,39	6,40
1,0	6,47	6,47	6,87	7,06	7,16	7,22	7,25	7,28	7,28	7,30
1,5	9,52	9,52	10,23	10,59	10,79	10,90	10,97	11,05	11,05	11,08
2,0	11,44	11,44	12,43	12,96	13,26	13,44	13,55	13,62	13,67	13,73
2,5	12,64	12,64	13,85	14,52	14,92	15,16	15,32	15,42	15,49	15,58
3,0	13,41	13,41	14,78	15,58	16,06	16,36	16,56	16,70	16,79	16,91
3,5	13,93	13,93	15,42	16,31	16,87	17,22	17,46	17,64	17,74	17,89
4,0	14,30	14,30	15,88	16,84-	17,45	17,85	18,13	18,32	18,46	18,63
4,5	14,56	14,56	16,21	17,23	17,89	18, 3	18,63	18,85	19,01	19,21
5,0	14,75	14,75	16,45	17,52	18,22	18,69	19,03	19,26	19,44	19,67
6,0	15,01	15,01	16,79	17,92	18,68	19,20	19,58	19,85	20,06	20,33

5 Cara perancangan pencahayaan alami siang hari.

5.1 Prosedur Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari.

Prosedur Perancangan Pencahayaan Alami Siang Hari dilaksanakan dengan mengikuti bagan di bawah ini :



Gambar 6 : Prosedur perancangan sistem pencahayaan alami siang hari.

5.2 Pencahayaan Alami dan Lubang Cahaya

- a) Untuk memperoleh kualitas pencahayaan yang diinginkan maka di dalam perancangan perlu diperhatikan hal-hal yang mempengaruhi kualitas pencahayaan tersebut. Kualitas pencahayaan alami siang hari dalam ruangan ditentukan oleh
 - 1). perbandingan luas lubang cahaya dan luas lantai.
 - 2). bentuk dan letak lubang cahaya.
 - 3). faktor refleksi cahaya dari permukaan di dalam ruangan.
- b) Kedudukan Lubang Cahaya
Disamping ketiga faktor tersebut pada 5.2, perlu diperhatikan kedudukan lubang cahaya terhadap bagian lain dari bangunan dan keadaan lingkungan sekitarnya yang dapat merupakan penghalang bagi masuknya cahaya ke dalam ruangan.

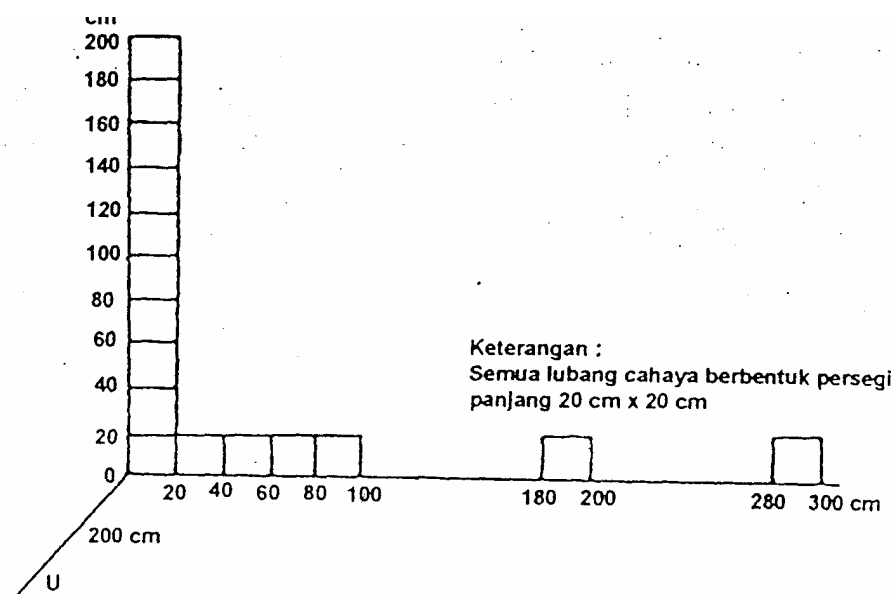
5.3 Letak dan Bentuk Lubang Cahaya

- a). Letak atau posisi lubang cahaya berpengaruh kepada nilai faktor langit serta distribusi cahaya ke dalam ruang sebagai berikut:
- 1). lubang cahaya yang sama besarnya, mempunyai nilai f_l yang lebih besar untuk kedudukan yang lebih tinggi. Hingga suatu ketinggian tertentu nilai f_l akan menurun lagi. (lihat tabel 5).
 - 2). dalam tabel berikut ini telah dihitung nilai faktor langit untuk titik ukur yang terletak 2m dari bidang lubang cahaya efektif. Titik ukur tersebut memperoleh pencahayaan dari lubang cahaya efektif yang berbentuk bujur sangkar dengan sisi 20 cm dengan letak tinggi yang berbeda-beda.

Tabel 5: Hubungan antara tinggi tempat lubang cahaya dengan nilai faktor langit relatif.

Tinggi tempat lubang cahaya (cm)	Nilai Faktor langit relatif
0-20	1
20-40	2
40-60	3,5
60-80	4
80-100	5
100-120	5
120-140	5
140-160	5
160-180	4,5
180-200	4

Salah satu sisi dad lubang cahaya efektif berimpit dengan gads potong bidang vertikal yang melalui titik ukur Proyeksi titik ukur pada bidang lubang cahaya. efektif disebut titik 0 (lihat gambar 7). Nilai faktor langit diambil terhadap tempat yang terendah.



Gambar 7.: Pengaruh kedudukan lubang cahaya atas besarnya faktor langit.

- 3). lubang cahaya efektif yang sama besarnya apabila kedudukannya lebih ke samping dari bidang vertikal yang lewat titik ukur dan tegak lurus pada bidang lubang cahaya efektif, akan memberikan nilai faktor langit pada titik ukur yang lebih kecil. Faktor langit dengan sisi 20 cm dan garis bawahnya berimpitan dengan ketinggian bidang kerja (titik ukur), diambil sebagai dasar satuan.

Tabel 6 : Hubungan antara jarak kesamping dengan Nilai Faktor Langit Relatif

Jarak kesamping (cm)	Nilai Faktor langit relatif
0-20	1
20-40	0,5
40-60	1
60-80	0,5
80-100	0,5
180-200	0
280-300	0

- 4). nilai faktor langit untuk lubang cahaya efektif yang letaknya sentral dan tinggi terhadap titik ukur lebih efektif dibandingkan lubang cahaya yang letaknya ke samping dan rendah.

- 5). bagian-bagian dari lubang cahaya efektif yang letaknya tinggi akan lebih efektif dalam distribusi cahaya ke bagian-bagian dari ruangan yang letaknya lebih dalam dari pada ke samping.
- b). Bentuk lubang cahaya memberikan pengaruh terhadap distribusi cahaya sebagai berikut :
 - 1) lubang cahaya yang melebar akan berguna untuk mendistribusikan cahaya lebih merata dalam arah lebar ruangan.
 - 2) lubang cahaya efektif yang ukuran tingginya lebih besar dari ukuran lebarnya . memberikan penetrasi ke dalam yang lebih baik.
- c). Penghalang cahaya
 - 1). Unsur unsur dad jendela (kusen, palang palang dan lainnya) yang terbuat dari bahan yang tidak tembus cahaya akan merubah luas ukuran lubang cahaya efektif.
 - 2). Pengurangan ukuran lubang cahaya efektif tidak hanya disebabkan unsur-unsur yang tedetak pada bidang lubang cahaya efektif atau bidang yang sejajar, tetapi juga oleh bidang yang tegak lurus pada bidang ini.
 - 3). Perhitungan faktor langit suatu titik ukur tertentu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:
 - (a) pertama menetapkan ukuran utama lubang cahaya efektif, sehingga H/D dan L/D dapat ditetapkan.
 - (b). kemudian dihitung berapa prosen bagian-bagian yang dilihat dari titik ukur itu yang tidak tembus cahaya.
 - (c). Faktor langit yang dapat dikalikan dengan $(100 - a) \%$ dimana a adalah bagian yang tidak tembus cahaya. Harga tersebut merupakan harga faktor langit yang telah dikoreksi untuk bagian-bagian yang ticalak tembus cahaya.
- d) Penghalang cahaya lainnya yang berupa bagian dari bangunan itu sendiri seperti :
 - 1) tebal dinding atau bagian bangunan yang menonjol.
 - 2) bagian atas lubang cahaya efektif yang dibatasi oleh teritisan dan lain-lain.
- e) Bangunan lain yang berada di hadapan lubang cahaya umumnya akan membatasi bagian bawah dari lubang cahaya efektif. Apabila pada saat perancangan bangunan belum ada bangunan lain di sekitarnya, sedangkan dalam rencana kota akan dibangun bangunan lain maka hal ini harus dipertimbangkan pada saat perancangan bangunan.
- f) Tanaman clapat merupakan penghalang cahaya karena hal ini sukar sekali untuk diperkirakan maka pengaruhnya sering tidak diperhitungkan. Untuk memperhitungkan

hal ini dianjurkan dalam perancangan diambil nilai faktor langit 10% sampai 20% lebih tinggi dari persyaratan yang diberikan. Juga dianjurkan pohon-pohon yang tinggi dan rindang jangan ditanam terlampaui dekat pada bangunan.

g) Distribusi cahaya dalam ruangan

Kualitas pencahayaan alami siang hari dalam suatu ruangan dapat dikatakan baik apabila :

- 1) tingkat pencahayaan yang minimal dibutuhkan selalu dapat dicapai atau dilampaui tidak hanya pada daerah-daerah di dekat jendela atau lubang cahaya tetapi untuk ruangan secara keseluruhan.
- 2) tidak terjadi kontras antara bagian yang terang dan gelap yang terlalu tinggi (40:1) sehingga dapat mengganggu penglihatan

h). Untuk meningkatkan kualitas pencahayaan alami siang hari di dalam ruangan perlu diperhatikan petunjuk-petunjuk di bawah ini :

- 1). apabila kondisi bangunan memungkinkan, hendaknya ruangan dapat menerima cahaya lebih dari satu arah. Hal ini akan membantu meratakan distribusi cahaya dan mengurangi kontras yang mungkin terjadi.
- 2). untuk memanfaatkan sebaik-baiknya pemasukan cahaya alami ke dalam ruangan, hendaknya permukaan ruangan bagian dalam menggunakan warna yang cerah.
- 3). vitrase (gorden transparan) dapat membantu membaurkan cahaya, tetapi juga mengurangi cahaya yang masuk. Pengurangan cahaya dapat mencapai 50% atau lebih tergantung pada bahan yang digunakan.
- 4). kasa nyamuk clapat mengurangi banyaknya arus cahaya yang masuk sekurangnya 15%.
5. penggunaan kaca khusus untuk mengurangi radiasi termal sebaiknya tidak mengurangi cahaya yang masuk.

6 Pengujian dan pemeliharaan

6.1 Pengujian

Pengujian pencahayaan alami siang hari dimaksudkan menguji dan atau menilai/ memeriksa kondisi pencahayaan alami siang hari pada bab 4. Pengujian dilakukan dengan mengukur atau memeriksa :

- a). Tingkat pencahayaan.
- b). Indeks kesilauan.

6.1.1 Tingkat Pencahayaan

- a). Ukur tingkat pencahayaan di Titik Ukur Utama (TUU). Titik Ukur Samping (TUS), Titik di luar ruangan di tempat terbuka dan pengukuran dilakukan pada waktu yang bersamaan.
- b). Hitung faktor langit di TUU dan TUS.
- c). Bandingkan hasil perhitungan pada butir b dengan ketentuan pada bab 4.

6.1.2 Indeks Kesilauan

Silau tedadi diakibatkan oleh masuknya cahaya matahad langsung atau adanya pantulan dari benda-benda reflektif. Faktor-faktor yang mempengaruhi silau adalah luminansi sumber cahaya, posisi sumber cahaya terhadap penglihatan pengamat dan adanya kontras pada permukaan bidang kerja.

Nilai Indeks Kesilauan maksimum yang direkomendasikan untuk berbagai tugas visual dibehkan pada tabel 7. Nilai Indeks Kesilauan dapat dihitung dengan rumus-rumus yang ada pada *CIBSE Publication TM 10*.

(CIBSE = Chartered Institution of Building Services Engineering)

**Tabel 7.: Nilai Indeks Kesilauan Maksimum
Untuk Berbagai Tugas Visual dan Interior**

Jenis Tugas Visual atau Interior dan Pengendalian Silau yang Dibutuhkan	Indeks Kesilauan Maksimum	Contoh Tugas Visual dan Interior
Tugas visual kasar atau tugas yang tidak dilakukan secara terus menerus	28	Pefbekalan bahan mentah, pabrik produksi beton, fabrikasi rangka baja, pekerjaan pengelasan.
Pengendalian silau dipedukan secara terbatas	25	Gudang, cold stores, Bangunan turbin dan boiler, toko mesin dan peralatan,plant Rooms
Tugas visual dan Interior Normal	22	Koridor, ruang tangga, penyiapan dan pemasakan makanan, kantin, kafetaria, ruang makan. pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan kasar), ruang perakitan, pekerjaan logam lembaran
Pengendalian silau sangat penting	19	Ruang kelas, perpustakaan (umum), ruang keberangkatan dan ruang tunggu di bandara, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan sedang), lobby, ruangan kantor
Tugas visual sangat teliti - Pengendalian silau tingkat tinggi sangat dipedukan	16	Industri percetakan, ruang gambar, perkantoran, pemeriksaan dan pengujian (pekerjaan teliti)

6.2 Pemeliharaan

Pada pencahayaan alami siang had sebagai sumber masuknya cahaya ke dalam ruangan adalah lubang cahaya. Pemeliharaan yang perlu dilakukan adalah menghindarkan adanya penghalang yang dapat mengurangi terang langit yang masuk ke dalam ruangan dan membersihkan kaca-kaca.

Apendiks

AI Perhitungan pencahayaan alami siang hari.

A1.1 Contoh Perhitungan Faktor Langit

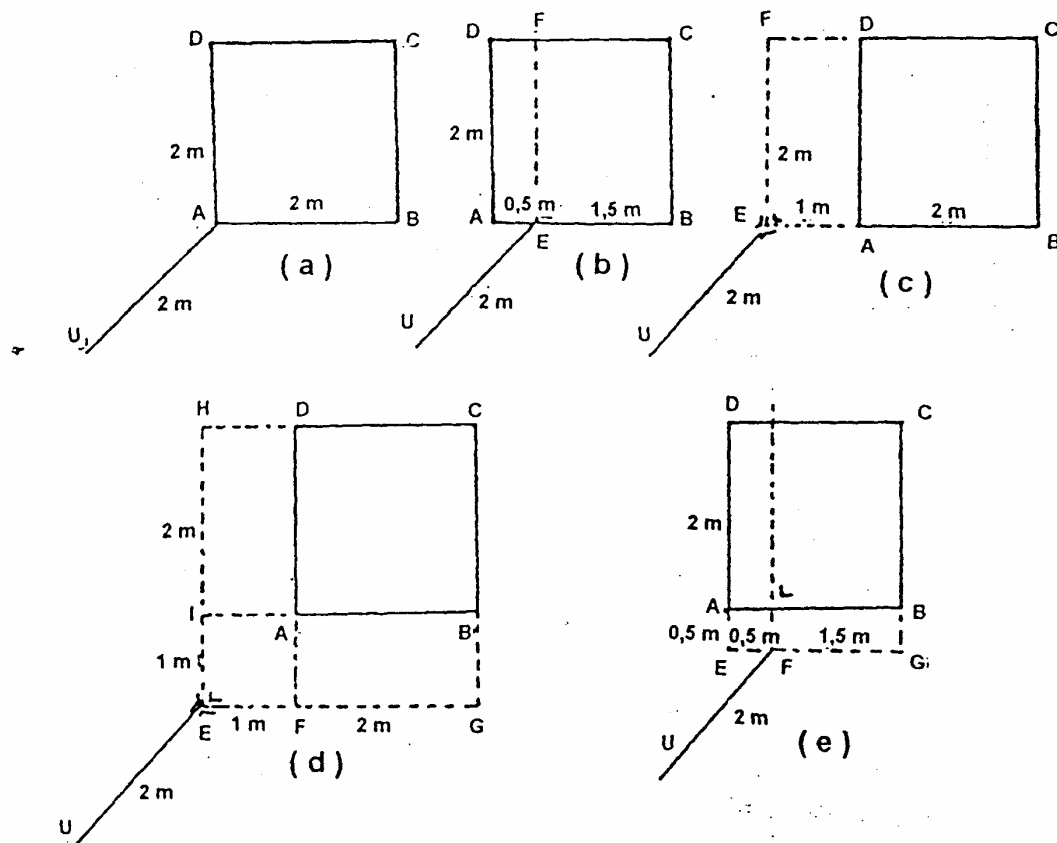
Perhitungan faktor langit berdasarkan Tabel 4 hubungan faktor langit se b.agai fungsi H/D dan L/D sebagai berikut:

- 1) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
titik ukur U : 2 meter ke dalam, posisi lihat gambar 8 (a)
didapat : (1) lubang cahaya ABCD,
 $D=2m$, $H=2m$, $L=2m$
(2) $H/D = 1$, $L/D = 1$
(3) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah 5,57%.

- 2) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
titik ukur U : 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (b)
didapat : (1) lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-lubang
AEFD dengan $H/D = 1$ dan $L/D = 0,25$
ABCF dengan $H/D = 1$ dan $L/D = 0,75$
(2) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah
AEFD = 1,93%
EBCF = 4,7.5%
----- +
ABCD = 6,68%

Untuk memperoleh angka-angka faktor langit dilakukan interpolasi.

- 3) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
titik ukur U : 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (c)
didapat : (1) Lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-lubang
EBCF dengan $H/D = 1,0$ dan $L/D = 1,15$ dikurangi
EADF dengan $H/D = 1,0$ dan $L/D = 0,5$
(2) menurut tabel 4, faktor langit untuk U adalah
EBCF = 6,47%
EADF = 3,56%
----- +
ABCD = 2,91 %



Gambar 8 : Posisi titik ukur.

- 4) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
titik ukur U : 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (d)
didapat : (1) Lubang cahaya diar-iggap terdid atas lubang-lubang
EGCH dengan $H/D = 1,5$ dan $L/D = 1,5$ dikurangi
EFDH dengan $H/D = 1,5$ dan $L/D = 0,5$ dikurangi
EGBI dengan $H/D = 0,5$ dan $L/D = 1,5$ ditambah
EFAI dengan $H/D = 0,5$ dan $L/D = 0,5$

(2) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah

$$\text{EGCH} = 9,52 \%$$

$$\text{EFDH} = 4,99 \%$$

----- -

$$= 4,53 \%$$

$$\text{EGBI} = 2,40 \%$$

----- -

$$= 2,13 \%$$

$$\text{EFAI} = 1,39 \%$$

----- -

$$\text{ABCD} = 3,52 \%$$

- 5) lubang ABCD : Lebar 2 m, tinggi 2 m
 titik ukur U : 2 m ke dalam, posisi lihat gambar 8 (e)
 didapat : (1) Lubang cahaya dianggap terdiri atas lubang-lubang

FGCI dengan $H/D = 1,25$ dan $UD = 0,75$ ditambah

FEDI dengan $H/D = 1,25$ dan $UD = 0,25$ dikurangi

FGBH dengan $H/D = 0,25$ dan $UD = 0,75$ dikurangi

FEAH dengan $H/D = 0,25$ dan $UD = 0,25$

(2) menurut Tabel 4, faktor langit untuk U adalah

$$\text{FGCI} = 5,75 \%$$

$$\text{FEDI} = 2,30 \%$$

----- -

$$= 8,05 \%$$

$$\text{FGBH} = 0,55 \%$$

----- -

$$= 7,50 \%$$

$$\text{FEAH} = 0,23 \%$$

----- -

$$\text{ABCD} = 7,27 \%$$

A1.2 Contoh Perhitungan Untuk Perencanaan.

Perhitungan untuk perancangan pencahayaan alami siang hari dari suatu sudut ruangan sebagai berikut :

- 1). Ukuran ruang duduk: panjang 6 m, lebar 5 m

Titik-titik ukur utama pada 2 m.

Persyaratan berdasarkan bab 5 :

- fl untuk TUU 0,35 d = 1,75%
- fl untuk TUS 0,16 d = 0,80%
- Koreksi dari kusen jendela = 30%
- fl di TUU menjadi 2,5%
- fl di TUS menjadi 1,15%
- Karena letak jendela simetris ke arah melebar (ke kiri dan ke kanan), maka
- fl di masing-masing TUU = 1,25%
- fl di TUS = 1,15%

- 2). harga faktor langit tersebut dapat diperoleh dengan ukuran jendela dengan kombinasi sebagaimana tercantum pada tabel 8.

Tabel 8 : Harga Faktor Langit berclasarkan ukuran jendela

H/D	L/D	Lubang cahaya atau jendela		
		Lebar (m)	Tinggi (m).	Luas
1,9	0,1	0,40	3,80	1,52
0,82	0,2	0,80	1,64	1,31
0,62	0,3	1,20	1,24.	1,49
0,52	0,4	1,60	1,04	1,6
0,47	0,5	2,00	0,94	2,98

- 3). bila diperhatikan adanya penghalang cahaya oleh bangunan-bangunan di seberang jalan. Dimisalkan jarak antara titik ukur dan titik-titik dari bangunan di seberang jalan rata-rata 30 m dan tingginya di atas bidang kerja = 9 m, maka ini berarti bahwa bagian lubang sampai $H/D = 0,3$ tidak memberikan jalan kepada cahaya langsung dari langit.

Dalam hal ini hasilnya akan sebagaimana tercantum pada tabel 9.

Tabel 9 : Harga Faktor Langit berdasarkan ukuran jendela

H/D	UD	Lubang cahaya atau jendela		
		Lebar (m)	Tinggi (m).	Was (M2)
2,58	0,1	0,40	5,16	2,06
0,97	0,2	0,80	1,94	1,55
0,74	0,3	1,20	1,48	1,18
0,65	0,4	1,60	1,30	2,08
0,59	0,5	2,00	1,18	2,36

- 4). Untuk memenuhi ketentuan yang berlaku untuk Titik Ukur Samping, hanya dibutuhkan kurang lebih untuk masing-masing jendela di samping seluas 50% dari yang di tengah. Hal ini berlaku, apabila pengaruh dari jendela tengah untuk Titik-titik Ukur Samping sama sekali tidak diperhitungkan.
- 5). Untuk memenuhi sekaligus kedua ketentuan menurut perhitungan dapat diambil satu jendela simetris terhadap Titik Ukur Utama dengan ukuran :
 - a. Lebar 4,00 m, tinggi 1,10 m, luas 4,40 m² atau Lebar 3,50 m, tinggi 1,20 m, Luas 4,20 m² atau Lebar 3,00 m, tinggi 1,40 m, Luas 4,20 m².
 - b. Kemungkinan di atas hanya sebagai contoh saja, karena masih banyak kombinasikombinasi lain yang mungkin. Dalam perhitungan-perhitungan ini, selalu diambil sebagai bagian terendah dari jendela adalah tinggi bidang kerja (0,75 m dari lantai).

Bibliografi

- a). SNI. No. 03-2396-1991 : Tata cara perancangan Penerangan alami siang hari untuk rumah dan gedung.
- b). Natuurkundige Grondslagen Voor Bouwvoorschriften, 1951, Deel 11, "Dagverlichting Van Woningen (NBG 11 1951).
- c). Hopkinson (et.al), 1966, Daylighting, London.
- d). Adhiwiyogo. M.U, 1969 ; Selection of the Design Sky for Indonesia based on the Illumination Climate of Bandung. Symposium of Enviromental Physics as Applied to Building in the Tropics.